

Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агроресомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-110-118>

УДК 630*232.4(212.3)



ВЛИЯНИЕ МЕСТА ПОСАДКИ В МИКРОПОВЫШЕНИЯХ НА РОСТ КУЛЬТУР СОСНЫ И ЕЛИ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ

А.С. Ильинцев^{1,2}, Е.Н. Наквасина^{1,2}, А.П. Богданов^{1,2}

¹ ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (СевНИИЛХ); 163062, г. Архангельск, ул. Никитова, 13, Россия

² ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (САФУ); 163002, г. Архангельск, ул. Набережная Северной Двины, 17, Россия

Аннотация. Повышение эффективности создания лесных культур является актуальным аспектом искусственного лесовосстановления. Соответствующая обработка почвы и выбор посадочного места позволяют повысить качество культур. Цель исследований – проанализировать влияние места посадки в микроповышениях, созданных экскаватором, на биометрические показатели саженцев сосны и ели для разработки регламента подбора расположения сеянцев в посадочных местах при создании лесных культур в таежной зоне. В ходе обследования были инвентаризированы 32 лесокультурные площади разного возраста (1-10 лет) на территории Архангельской области и Республики Коми. Лесные культуры были созданы сеянцами сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst. x *P. obovata* (Ledeb.)) с закрытой и открытой корневой системой. Обработка почвы произведена путем создания микроповышений с помощью экскаваторов. На лесокультурных площадях провели детальную оценку роста сосны и ели (около 2 тыс. шт.), посаженных в разные места в пределах микроповышения, с измерением высоты, диаметра стволика на уровне поверхности почвы и прироста по высоте за последние 1-3 года. Результаты исследований показывают, что в первые годы после посадки рост сосны и ели не зависит от расположения посадочного места в микроповышении: «у ямы» (повышенная часть микроповышения), «центр», «от ямы» (пониженная часть микроповышения). Различия в росте начинают сказываться к 6-7 годам. Лучшие показатели высоты, диаметра у шейки корня и среднего прироста по высоте за 1-3 года отмечаются у сеянцев, посаженных в центре микроповышения, а наименьшие – посаженных в край, у ямы, образующейся при захвате почвы ковшом.

Благодарности. Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства. Регистрационный номер темы: 122020100319-9.

Ключевые слова: обработка почвы, экскаваторы, микроповышения, посадочное место, лесные культуры, биометрические показатели

Формат цитирования: Ильинцев А.С., Наквасина Е.Н., Богданов А.П. Влияние места посадки в микроповышениях на рост культур сосны и ели в таежной зоне // Природообустройство. 2024. № 5. С. 110-118. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-110-118>

Original article

INFLUENCE OF PLANTING SITE IN MICROELEVATIONS ON THE GROWTH OF PINE AND SPRUCE CROPS IN THE TAIGA ZONE

A.S. Ilintsev^{1,2}, E.N. Nakvasina^{1,2}, A.P. Bogdanov^{1,2}

¹ Northern Research Institute of Forestry (SevNIILH); 163062, Arkhangelsk, Nikitova str., 13, Russia

² Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (NArFU); 163002, Arkhangelsk, Naberezhnaya Severnoy Dviny str., 17, Russia

Abstract. Increasing the efficiency of the creation of forest crops is an important aspect of artificial reforestation. Appropriate tillage and planting site selection can improve crop quality. The purpose

of this study was to analyze the influence of the planting site in the mounds created by the excavator on the biometric indicators of pine and spruce seedlings to develop regulations for the selection of the location of seedlings in planting sites when creating forest crops in the taiga zone. In the course of the survey, 32 forest cultivation areas of different ages (1-10 years) in the Arkhangelsk Region and the Komi Republic were inventoried. Forest crops were created by seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst. x *P. obovata* (Ledeb.)) with closed and open root systems. Soil cultivation was carried out by creating micro-elevations with the help of excavators. A detailed assessment of the growth of pine and spruce (about 2 thousand pieces) planted in different places within the micro-elevation was carried out on the forest cultivation areas, with the measurement of height, trunk diameter at soil surface level and height growth over the past 1-3 years. The results of the study show that in the first years after planting, the growth of pine and spruce does not depend on the location of the planting place in the microelevation: "at the pit" (increased part of the microelevation), "center", "from the pit" (reduced part of the microelevation). Differences in height begin to affect by the age of 6-7 years. The best indicators of height, diameter at the root neck and average height gain for 1-3 years are observed in seedlings planted in the center of the microelevation, and the lowest – in the edge, at the pit formed when the soil is captured by a bucket.

Gratitude. The publication was prepared based on the results of research carried out within the framework of the state assignment of the FBU "SevNIILH" to conduct applied scientific research in the field of activities of the Federal Forestry Agency. Subject registration number: 122020100319-9.

Keywords: soil tillage, excavators, mounds, planting place, forest crops, biometric indicators

Format of citation: Ilintsev A.S., Nakvasina E.N., Bogdanov A.P. Influence of planting site in microelevations on the growth of pine and spruce crops in the taiga zone // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 5. P. 110-118. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-110-118>

Введение. Улучшение эффективности и качества лесокультурных работ является актуальным аспектом искусственного лесовосстановления в таежных лесах [1, 2]. Успешность лесовосстановления посадкой зависит от правильно обработанной почвы и выбора подходящего посадочного места для посадки семян. При создании лесных культур в таежной зоне используют посадочный материал с открытой (ОКС) и закрытой корневой системой (ЗКС). В течение первых 2-3 лет после посадки сеянцы сосны и ели с ЗКС имеют лучший первоначальный прирост, но после эта разница снижается [3], что связано со способами обработки почвы, условиями увлажнения, размерами посадочного материала и другими факторами [4, 5].

В современных условиях широко распространена практика посадки сеянцев хвойных пород в точечные (дискретные) микроповышения, которые в основном подготавливаются с использованием экскаваторов [6-8]. В таежной зоне Европейского Севера до 44% площадей под лесные культуры обрабатывают с помощью экскаваторов (полосами и микроповышениями). Использование подобной технологии обработки почвы не только обеспечивает хорошую приживаемость сеянцев, но и позволяет максимально сохранить подрост предварительной генерации [8].

Создание микроповышений является эффективной мерой для улучшения условий произрастания сеянцев [9]. При подготовке точечных

микроповышений перекопанную почву укладывают перевернутой на ненарушенную почву рядом с ямой, образуя двойной гумусовый слой под минеральной почвой. Питательные вещества, выделяющиеся при разложении погребенной лесной подстилки, благоприятно влияют на рост посадочного материала [10]. Изменяются физические свойства, влажность, температура почвы и доступность азота из гумусового слоя в микроповышении, которые влияют на последующий рост сеянцев после посадки [11].

С другой стороны, в микроповышениях может наблюдаться низкая влажность почвы в сухих типах леса, поскольку органический слой внутри них уменьшает капиллярный поток воды снизу [12-14]. Кроме того, различия в типе почв, наличие крупных камней, пней и порубочных остатков на сплошной вырубке могут повлиять на качество обработки почвы [15].

При создании микроповышений экскаватором их качество и размеры могут варьировать. Размеры микроповышений очень часто зависят от опыта экскаваторщика и навесного оборудования, используемого для обработки почвы. Производители экскаваторов, которые часто используются на обработке почвы, предлагают для них ковши с рабочей шириной захвата от 60 до 150 см. Объем таких ковшей обычно составляет от 0,5 до 1,5 м³. Таким образом, в зависимости от характера работ и навесного оборудования можно подобрать оптимальный вариант ковша.

В таежной зоне начаты современные исследования по оценке качества микроповышений, и особенно полевых характеристик лесных культур, в микроповышениях, подготовленных с помощью экскаваторов [7]. Микроповышения предполагают несколько альтернативных посадочных мест для семян, подходящих для различных лесорастительных условий. Учитывая размеры микроповышений и количество создаваемых микроповышений на 1 га, подготовленных ковшем экскаватора, на одно микроповышение можно высаживать от 1 до 4 семян с ЗКС и более 4 семян с ОКС в расчете на нормативную густоту. Большое количество семян, посаженных на одно микроповышение, может отрицательно сказаться на их развитии и росте. Необходимо оценить размещение семян в посадочном месте (по числу семян, по размещению в пределах микроповышения).

Цель исследований: проанализировать влияние места посадки в микроповышениях, созданных при использовании экскаватора, на биометрические показатели саженцев сосны и ели для разработки регламента подбора расположения семян в посадочных местах при создании лесных культур в таежной зоне.

Материалы и методы исследований. Изученные лесные культуры (32 лесокультурные площади) созданы в период 2013-2022 гг. (возраст 1-10 лет) на территории Архангельской области и Республики Коми (Двинско-Вычегодский таежный район), с различной представленностью по типам леса исходных насаждений (табл. 1), как правило 1-2 летним посадочным материалом с закрытой корневой системой. Площадь участков составляла от 4,3 до 42,5 га.

Лесокультурные площади представлены наиболее распространенными типами леса (Е дм, Е кис, Е тр, Е чер, С бр, С дм, С кис, С чер) с подзолистыми почвами (типичные, глее-подзолистые), с разной степенью оподзоливания и гранулометрическим составом (песчаные, супесчаные, легкосуглинистые, среднесуглинистые).

Обработка почвы на лесокультурных площадях производилась чаще летом, одновременно с посадкой, реже – осенью, за год до посадки, дискретным способом с помощью экскаватора с объемом ковша 0,8-1,0 м³. Микроповышения шириной в среднем 1,1 м (от 0,6 до 1,6 м) и длиной 1,3 м (от 0,9 до 2,2 м) создавали через 1,0-2,5 м. Количество создаваемых микроповышений варьировало в широком диапазоне от 440 до 1100 шт/га (в среднем 680 на 1 га). При создании микроповышения ковш экскаватора создает небольшую яму (в месте захвата почвы) и насыпь со скошенной поверхностью.

Лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst. × *P. obovata* (Ledeb.)) были созданы с использованием посадочных труб Pottiputki для семян с ЗКС и меча Колесова для семян с ОКС.

При посадке лесных культур сеянцами с ЗКС количество высаживаемых растений составило не менее 2,0 тыс. шт. на 1 га. На одно микроповышение высаживали 2-3 сеянца. Лесные культуры, созданные посадкой семян с ОКС, имели густоту не менее 3 тыс. на 1 га. В одно микроповышение высаживали от 4 до 5 семян. Приживаемость (сохранность) лесных культур на момент обследования составила для 1-2 летних культур 72,2-90,2%, а для 9-10 летних культур – 40,1-67,3%.

Таблица 1. Характеристика обследованных лесокультурных площадей

Table 1. Characteristics of the surveyed forest-cultivated areas

Показатель <i>Indicator</i>	Лесные культуры сосны <i>Pine forest crops</i>	Лесные культуры ели <i>Spruce forest crops</i>
Всего площадей, шт. / <i>Total forest-cultivated areas, pcs.</i>	16	16
В том числе с посадочным материалом ЗКС <i>Including with the planting material a containerised root system</i>	16	11
с посадочным материалом ОКС <i>with planting material and a bare root system</i>	-	5
В том числе по типам леса насаждений до рубки / <i>Including by forest type before cutting</i>		
Сосняк черничный / <i>Pineta myrtillosum</i>	4	-
Сосняк брусничный / <i>Pineta vaccinosum</i>	2	-
Сосняк кисличный / <i>Pineta oxalidosum</i>	4	-
Сосняк долгомошный / <i>Pineta polytrichosa</i>	1	-
Ельник черничный / <i>Piceeta myrtillosum</i>	2	10
Ельник кисличный / <i>Piceeta oxalidosum</i>	2	3
Ельник травяной / <i>Piceeta herbosum</i>	1	1
Ельник долгомошный / <i>Piceeta polytrichosa</i>	-	2

На участках провели детальную оценку состояния и роста высаженных сеянцев сосны и ели по 20 шт. в разных местах расположения посадочных мест в микроповышении – таких, как «у ямы» (повышенная часть микроповышения), «центр», «от ямы» (пониженная часть микроповышения) (рис. 1).

У живых растений измеряли следующие биометрические показатели: высота – от поверхности почвы до верхушечной почки, см, и средний прирост по высоте за последние 1-3 года, см, с помощью мерной рулетки; диаметр стволика на уровне поверхности почвы, см, с помощью штангенциркуля. Всего было детально изучено около 2 тыс. особей сосны и ели разного возраста.

Для установления влияния места посадки на биометрические показатели культур сосны и ели применили дисперсионный непараметрический анализ Крускала-Уоллиса (Kruskal-Wallis ANOVA). После получения статистически значимого результата в дисперсионном анализе провели множественные сравнения (Post-hoc analysis) средних рангов для всех групп. Алгоритм заключался в попарном сравнении средних рангов всех групп, включенных в дисперсионный анализ в пределах одного возраста культур. Сравнение данных выполнили на уровне 0,05 значимости в программе Statistica 12.

Результаты и их обсуждение. Результаты дисперсионного анализа показывают (табл. 2), что высота посаженных сеянцев сосны и ели (рис. 2) в культурах старшего возраста в большинстве случаев зависит от места посадки ($H = 8,10-12,78$; $p = 0,002-0,017$). Отсутствуют достоверные различия в высоте сеянцев сосны и ели ОКС и ЗКС между разными местами посадки на 1-4-летних лесокультурных

площадях ($H = 0,67-5,46$; $p = 0,065-0,713$), проявляясь в более старшем возрасте. Сеянцы с ЗКС в первые годы после посадки используют питательные вещества кома субстрата, а их корни не стремятся выходить за его пределы [16]. Для сеянцев ОКС, которые сразу после посадки зависят от почвенных условий посадочного места, образующихся в микроповышениях, отсутствие достоверных различий в высоте сеянцев в первые годы после посадки может быть связано с послепосадочной адаптацией. Рост сеянцев с ОКС связан с качеством посадочного материала и развитием корневой системы сеянцев [3].

Наибольшие достоверные различия в высоте сеянцев сосны с ЗКС между центром и краем микроповышения (у ямы) отмечаются в 3-9-летних культурах ($H = 6,52-11,63$; $p = 0,003-0,038$). Сеянцы сосны, посаженные в центр микроповышения, на 24-115% выше сеянцев, посаженных у ямы. С другой стороны, отсутствуют достоверные различия в высоте между сеянцами, посаженными в центр и край микроповышения (от ямы) ($H = 0,95-2,31$; $p = 0,061-1$).

В еловых культурах сеянцы, посаженные в центр микроповышения, выше на 31-94% по сравнению с сеянцами, посаженными у ямы ($H = 2,73-3,54$; $p = 0,001-0,019$). При этом статистические значимые различия в высоте сеянцев между центром и краем микроповышения (от ямы) также отсутствуют ($H = 0,62-1,42$; $p = 0,464-1$).

На свежих лесокультурных площадях (1-4 года), созданных сосной и елью (рис. 3), отсутствуют достоверные различия в диаметре сеянцев у шейки корня между разными местами посадочного места ($H = 0,84-1,96$; $p = 0,375-0,659$), что также обосновывается адаптационной особенностью сеянцев в первые годы посадки.



а



б

Рис. 1. Сеянцы ели с ОКС (а) и сосны с ЗКС (б), посаженные в разные посадочные места на лесокультурных площадях
Fig. 1. Seedlings of spruce with ORS (a) and pine with CRS (b), planted in different planting places on forest cultivation areas

Таблица 2. Результаты статистического анализа биометрических показателей сеянцев в разных местах посадочного места

Table 2. The results of statistical analysis of biometric indicators of seedlings in different places of the planting site

Показатель <i>Indicator</i>	Порода <i>Species</i>	Возраст культур, лет <i>Crop age, years</i>	Положение посадки <i>Position of planting</i>		Парные (апостериорные) сравнения <i>Paired (aposteriori) comparisons</i>					
					У ямы vs. Центр <i>At the pit vs. Center</i>		У ямы vs. от ямы <i>At the pit vs. from the pit</i>		Центр vs. от ямы <i>Center vs. from the pit</i>	
					Н	р	Z	р	Z	р
Высота <i>Height</i>	Сосна <i>Pine</i>	1	1,19	0,552	-	-	-	-	-	-
		2	4,1	0,128	-	-	-	-	-	-
		3	9,07	0,011	2,97	0,009	1,88	0,177	1,00	0,950
		6	8,56	0,013	2,84	0,013	1,96	0,148	0,95	1,000
		7	5,37	0,068	-	-	-	-	-	-
		8	6,52	0,038	2,43	0,044	1,82	0,201	0,67	1
	9	11,63	0,003	3,32	0,003	0,94	1,000	2,31	0,061	
	Ель <i>Spruce</i>	1	0,67	0,713	-	-	-	-	-	-
		2	5,46	0,065	-	-	-	-	-	-
		3	0,62	0,732	-	-	-	-	-	-
		6	4,3	0,117	-	-	-	-	-	-
		7	12,64	0,002	3,54	0,001	2,17	0,089	1,42	0,464
8		12,78	0,002	3,52	0,001	2,19	0,083	1,18	0,706	
9	8,1	0,017	2,73	0,019	2,00	0,136	0,62	1		
Диаметр <i>Diameter</i>	Сосна <i>Pine</i>	1	13,40	0,001	2,10	0,107	3,38	0,002	1,34	0,537
		2	0,84	0,659	-	-	-	-	-	-
		3	11,49	0,003	3,33	0,003	2,05	0,121	1,19	0,690
		6	6,67	0,036	2,49	0,037	1,77	0,230	0,79	1
		7	3,14	0,207	-	-	-	-	-	-
		8	2,31	0,315	-	-	-	-	-	-
	9	8,17	0,017	2,69	0,021	0,48	1	2,16	0,092	
	Ель <i>Spruce</i>	1	0,91	0,634	-	-	-	-	-	-
		2	6,96	0,031	2,52	0,034	1,16	0,741	1,41	0,475
		3	1,96	0,375	-	-	-	-	-	-
		4	6,37	0,041	2,37	0,054	0,6	1	1,83	0,202
		7	12,13	0,002	3,39	0,002	2,39	0,049	1,04	0,896
9		10,53	0,053	3,07	0,006	2,34	0,057	0,61	1	
10	7,42	0,024	2,65	0,028	1,93	0,159	0,56	1		
Прирост по высоте <i>Height gain</i>	Сосна <i>Pine</i>	1	1,79	0,408	-	-	-	-	-	-
		2	0,5	0,778	-	-	-	-	-	-
		3	4,61	0,093	-	-	-	-	-	-
		6	7,32	0,026	2,71	0,021	1,37	0,509	1,38	0,498
		7	5,91	0,05	2,29	0,051	1,81	0,207	0,28	1
		8	1,33	0,515	-	-	-	-	-	-
	9	13,55	0,001	3,55	0,001	0,87	1	2,60	0,027	
	Ель <i>Spruce</i>	1	0,15	0,923	-	-	-	-	-	-
		2	5,75	0,056	-	-	-	-	-	-
		3	1,81	0,401	-	-	-	-	-	-
		4	8,43	0,015	2,82	0,014	2,02	0,129	0,83	1
		7	10,14	0,006	3,16	0,005	1,97	0,146	1,24	0,642
9		12,75	0,002	3,52	0,001	2,19	0,084	1,18	0,706	
10	3,01	0,222	-	-	-	-	-	-		

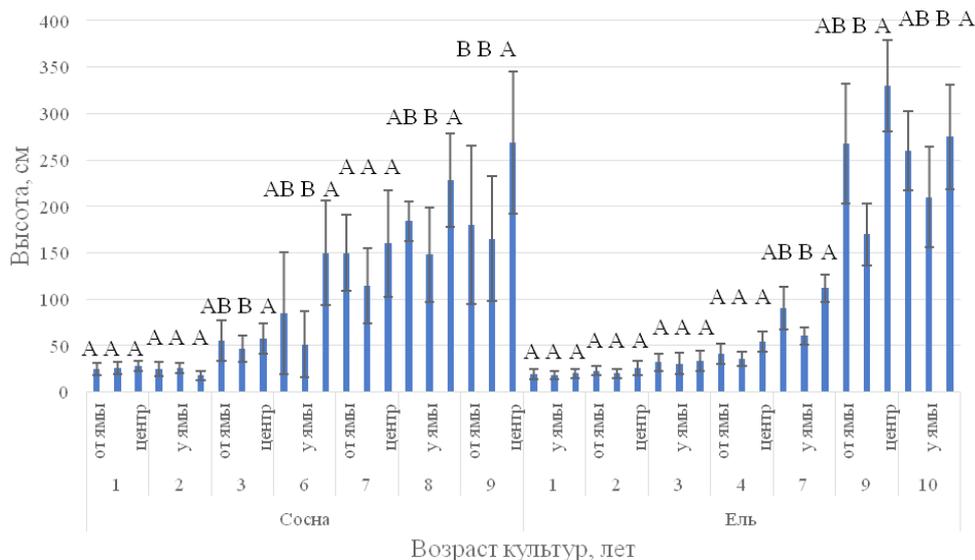


Рис. 2. Высота культур сосны и ели в различном возрасте.

Линии «усов» показывают стандартное отклонение

Разные заглавные буквы в верхней части столбиков указывают на значимость различий между средними рангами при многократном сравнении

Fig. 2. Height of pine and spruce crops at different ages. The whisker lines show the standard deviation. The different capital letters at the top of the columns indicate the significance of the differences between the average ranks after multiple comparisons

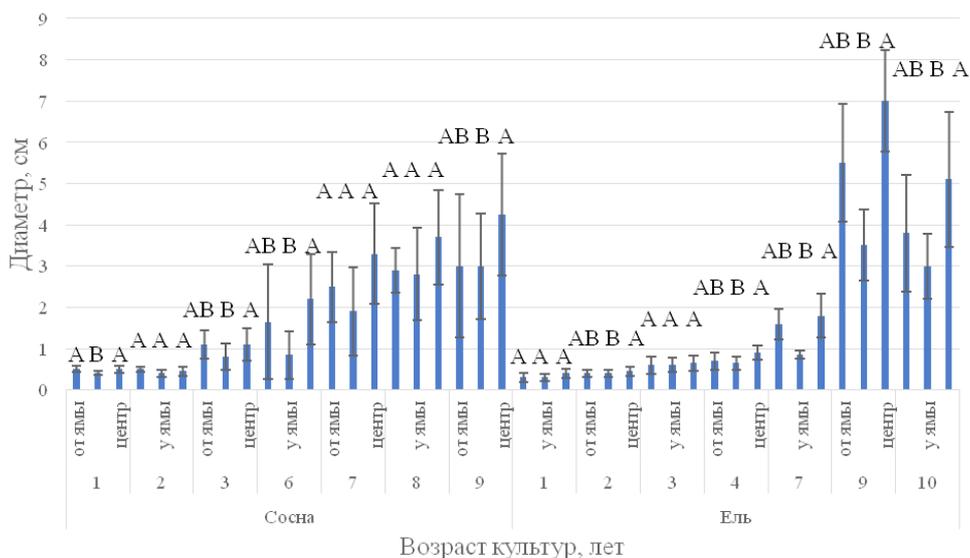


Рис. 3. Диаметр культур сосны и ели в различном возрасте.

Линии «усов» показывают стандартное отклонение.

Разные заглавные буквы в верхней части столбиков указывают на значимость различий между средними рангами при многократном сравнении

Fig. 3. Diameter of pine and spruce crops at different ages. The whisker lines show the standard deviation. The different capital letters at the top of the columns indicate the significance of the differences between the average ranks after multiple comparisons

Исключение составляют однолетние культуры сосны в кисличном типе леса ($N = 3,38$; $p = 0,002$), где различие в диаметре сеянцев у шейки корня отмечается между краями микроповышения (у ямы и от ямы), что может быть связано с почвенными условиями, так как состав слоев почвы в посадочных местах может значительно варьировать.

Достоверные различия в диаметре сеянцев у шейки корня между центром и краем микроповышения (у ямы) наблюдаются в 3-, 6- и 9-летних культурах сосны ($N = 2,49-3,33$; $p = 0,003-0,037$), где диаметр сосны у шейки корня в центре микроповышения на 38-168% выше. В 7-8-летних культурах сосны различия в диаметре не достигают достоверных значений ($N = 2,31-3,14$; $p = 0,207-0,315$).

Достоверные различия наблюдаются в 2-, 4-10-летних культурах ели, посаженных в центре микроповышений, где диаметр ели у шейки корня на 13-111% выше по сравнению с культурами ели, посаженными у ямы ($H = 2,37-3,39$; $p = 0,002-0,054$). Практически отсутствуют достоверные различия в диаметре сеянцев у шейки корня между центром и краем микроповышения (от ямы) и краями микроповышения (от ямы и у ямы) ($H = 0,56-2,39$; $p = 0,049-1$).

Результаты множественных сравнений показывают, что прирост сеянцев по высоте за последние 1-3 года в культурах разного возраста также в большинстве случаев зависит от места посадки (рис. 4).

В 1-3-летних культурах сосны и ели отсутствуют достоверные различия в среднем приросте по высоте между разными местами посадки ($H = 0,15-2,37$; $p = 0,056-0,923$), что также подтверждает адаптационную особенность сеянцев в первые годы посадки.

Достоверные различия в среднем приросте по высоте за последние 3 года между центром и краем микроповышения (у ямы) наблюдаются в 6-, 7- и 9-летних культурах сосны ($H = 2,29-3,55$;

$p = 0,001-0,051$). Средний прирост по высоте сосны за 3 года, посаженной в центр микроповышения, на 59-171% выше по сравнению с посаженной у ямы. В 8-летних культурах сосны различия в приросте не достигают достоверных значений ($H = 1,33$; $p = 0,515$).

Также достоверные различия в среднем приросте по высоте за 3 года между центром и краем микроповышения (у ямы) наблюдаются в 4-9-летних культурах ели ($H = 2,82-3,52$; $p = 0,001-0,014$). Средний прирост по высоте ели за 3 года, посаженной в центр микроповышения, на 86-153% выше, чем у сеянцев, высаженных на краю у ямы. В 10-летних культурах ели различия в приросте не достигают достоверных значений ($H = 3,01$; $p = 0,222$), что связано с высокой изменчивостью прироста в местах посадки (21,3-40,7%).

В целом исследования биометрических показателей в культурах разного возраста наглядно подтверждают выводы различных авторов о том, что при производстве лесных культур важно грамотно подобрать оптимальное место посадки [15-18]. Это обеспечит лучший рост сеянцев сосны и ели и повысит их устойчивость на лесокультурной площади.

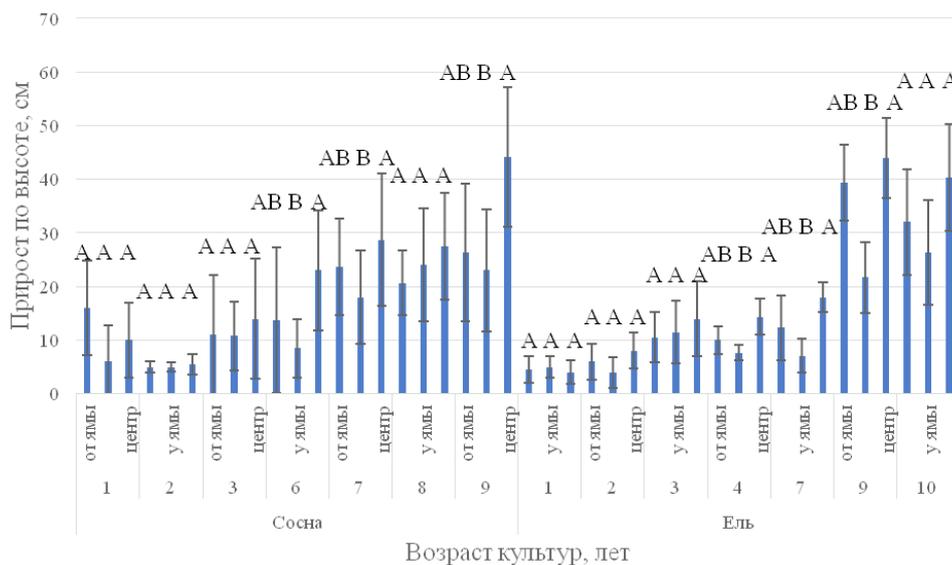


Рис. 4. Прирост по высоте культур сосны и ели в различном возрасте.

Линии «усов» показывают стандартное отклонение

Разные заглавные буквы в верхней части столбиков указывают на значимость различий между средними рангами при многократном сравнении

Fig. 4. Height increment of pine and spruce crops at different ages.

The whisker lines show the standard deviation

The different capital letters at the top of the columns indicate the significance of the differences between the average ranks after multiple comparisons

Выводы

Результаты изучения биометрических показателей культур сосны и ели в разных местах посадочного места показали, что в микроповышениях, созданных экскаваторами, рост

сеянцев связан с их размещением в пределах микроповышения. Лучшие показатели высоты, диаметра у шейки корня и среднего прироста по высоте за 1-3 года отмечаются у сеянцев, посаженных в центре микроповышения,

а наименьшие – при посадке в край, у ямы, обрабатываемой при захвате почвы ковшем.

К 6-7-летнему возрасту различия в биометрических показателях становятся более заметными. Глубокие вырытые ямы и высокие отвалы почвы в микроповышениях, созданных экскаваторами, могут нарушать ход развития корневой системы посаженных сеянцев. Это может быть связано со строением микроповышений (состав горизонтов, гранулометрический состав), которые отличаются от строения коренеобитаемого слоя в пасеке. При посадке сеянцев следует отступать от краев микроповышения. Преимущественным местом расположения сеянцев при посадке считается центр посадочного места, подготовленного

с помощью экскаватора. Например, при размере микроповышений 1-2 м² и посадке 4 сеянцев как с ОКС, так и ЗКС, от краев микроповышения следует отступать, как минимум, по 20-30 см для обеспечения оптимального расстояния между сеянцами 70-80 см.

Изучение роста культур сосны и ели в зависимости от локализации в пределах посадочного места указало на некоторые проблемы, связанные с интенсификацией качества лесовосстановления. Одними из них являются проектный менеджмент, качество обработки почвы и посадки сеянцев, а также квалификационные характеристики исполнителей лесокультурных работ.

Список использованных источников

1. **Бабич Н.А., Корчагов С.А., Конюшатов О.А., Стребков Н.Н., Лупанова И.Н.** Актуальные проблемы лесовосстановления на Европейском Севере России в рамках перехода к интенсивной модели ведения лесного хозяйства // Известия вузов. Лесной журнал. 2013. № 2. С. 74-83.
2. **Мерзленко М.Д.** Актуальные аспекты искусственного лесовосстановления // Известия вузов. Лесной журнал. 2017. № 3. С. 22-30. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.22.
3. **Мочалов Б.А., Сеньков А.О.** Рост сеянцев сосны с открытыми и закрытыми корнями в культурах таежной зоны // Известия вузов. Лесной журнал. 2007. № 4. С. 145-147.
4. **Жигунов А.В., Шевчук С.В.** Лесные культуры сосны и ели из посадочного материала, выращенного комбинированным методом // Известия вузов. Лесной журнал. 2006. № 6. С. 13-19.
5. **Luoranen J., Laine T., Saksa T.** Field performance of sand-coated (Conniflex®) Norway spruce seedlings planted in mounds made by continuously advancing moulder and in undisturbed soil // Forest Ecology and Management. 2022. Vol. 517, No 5. id 120259. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120259.
6. **Ramantswana M., Guerra S.P.S., Ersson B.T.** Advances in the mechanization of regenerating plantation forests: a review // Curr. For. Rep. 2020. Vol. 6, No 2. Pp. 143-158. DOI: 10.1007/s40725-020-00114-7.
7. **Ilintsev A.S., Nakvasina E.N., Bogdanov A.P.** Effects of site preparation methods on soil physical properties and outplanting success of coniferous seedlings in boreal forests // Journal of Forestry Research. 2024. Vol. 35. Pp. 1-11. DOI: 10.1007/s11676-023-01671-w.
8. **Морозов А.Е., Батуринов С.В.** Эффективность лесовосстановления на сплошных вырубках после применения комплексов многооперационных лесозаготовительных машин в условиях Бисерского лесничества Пермского края // Леса России и хозяйство в них. 2020. № 2 (73). С. 50-57.
9. **Sikström U., Hjelm K., Hanssen H.K., Saksa T., Wallertz K.** Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts Fennoscandia – a review // Silva Fennica. 2020. Vol. 54, No 2. Pp. 1-35. DOI: 10.14214/sf.10172.
10. **Hägglström B., Domevsčik M., Öhlund J., Nordin A.** Survival and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*)

References

1. **Babich N.A., Korchagov S.A., Konyushatov O.A., Strebkov N.N., Lupanova I.N.** Topical Actual problems of reforestation in the European North of Russia within the framework of the transition to an intensive model of forest management. Forest Journal. 2013. No 2. P. 74-83.
2. **Merzlenko M.D.** Relevant Aspects of artificial reforestation // Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal (Russian Forestry Journal). 2017. No 3. P. 22-30. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.3.22
3. **Mochalov B.A., Senkov A.O.** Growth of bare-root and containerized pine seedlings in cultures of taiga zone // Lesnoy zhurnal (Russian Forestry Journal). 2007. No. 4. P. 145-147.
4. **Zhigunov A.V., Shevchuk S.V.** Forest cultures of pine and spruce from planting material grown by combined method // Lesnoy zhurnal (Russian Forestry Journal). 2006. No. 6. P. 13-19.
5. **Luoranen J., Laine T., Saksa T.** Field performance of sand-coated (Conniflex®) Norway spruce seedlings planted in mounds made by continuously advancing moulder and in undisturbed soil // Forest Ecology and Management. 2022. Vol. 517. No. 5. id 120259. DOI: 10.1016/j.foreco.2022.120259.
6. **Ramantswana M., Guerra S.P.S., Ersson B.T.** Advances in the mechanization of regenerating plantation forests: a review // Curr. For. Rep. 2020. Vol. 6. No. 2. Pp. 143-158. DOI: 10.1007/s40725-020-00114-7.
7. **Ilintsev A.S., Nakvasina E.N., Bogdanov A.P.** Effects of site preparation methods on soil physical properties and outplanting success of coniferous seedlings in boreal forests // Journal of Forestry Research. 2024. Vol. 35. Pp. 1-11. DOI: 10.1007/s11676-023-01671-w.
8. **Morozov A.E., Baturin S.V.** Efficiency of reforestation on clear cuttings after the application of complexes of multioperative logging machines in the conditions of the Biserky forestry of the Perm region. 2020. No 2 (73). P. 50-57.
9. **Sikström U., Hjelm K., Hanssen H.K., Saksa T., Wallertz K.** Influence of mechanical site preparation on regeneration success of planted conifers in clearcuts Fennoscandia – a review // Silva Fennica. 2020. Vol. 54. No. 2. P. 1-35. DOI: 10.14214/sf.10172.
10. **Hägglström B., Domevsčik M., Öhlund J., Nordin A.** Survival and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings in north Sweden: effects of planting position

seedlings in north Sweden: effects of planting position and arginine phosphate addition // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2021. Vol. 36, № 6. Pp. 423-433. DOI: 10.1080/02827581.2021.1957999.

11. **Uotila K., Luoranen J., Saksa T., Laine T., Heiskanen J.** Long-term growth response of Norway spruce in different mounding and vegetation control treatments on fine-textured soils // *Silva Fennica*. 2022. Vol. 56, № 4. id 10762. 20 p. DOI: 10.14214/sf.10762.

12. de Chantal M., **Leinonen K., Pvesniemi H., Westman C.J.** Combined effects of site preparation, soil properties, and sowing date on the establishment of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* from seeds // *Canadian Journal of Forest Research*. 2003. Vol. 33, № 5. Pp. 931-945. DOI: 10.1139/x03-011.

13. **Grossnickle S.C.** Importance of root growth in overcoming planting stress // *New For.* 2005. Vol. 30, № 2-3. Pp. 273-294. DOI: 10.1007/s11056-004-8303-2.

14. **Варфоломеев Л.А., Сунгуров Р.В.** Почвенная экология лесных культур на Севере. Архангельск: Северное НИИ лесного хозяйства, 2007. 291 с.

15. **Мочалов Б.А.** Подготовка почвы и выбор посадочного места при создании лесных культур сосны из семян с закрытыми корнями // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2014. № 4. С. 9-18.

16. **Гладинов А.Н., Коновалова Е.В., Сдобова С.Ч.** Сравнительные результаты использования семян сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой при искусственном лесовосстановлении в условиях Западного Забайкалья // *Успехи современного естествознания*. 2021. № 11. С. 7-12. DOI: 10.17513/use.37705.

17. Del Campo A.D., **Navarro-Cerrillo R.M., Hermoso J., Ibáñez A.J.** Relationship between root growth potential and field performance in Aleppo pine // *Annals of Forest Science*. 2007. Vol. 64, № 5. Pp. 541-548. DOI: 10.1051/forest:2007031.

18. **Дебков Н.М.** Опыт создания лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой // *Известия вузов. Лесной журнал*. 2021. № 5. С. 192-200. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-192-200.

Об авторах

Алексей Сергеевич Ильинцев, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, доцент; WOSResearcherID: N-6286-2019, ORCID: 0000-0003-3524-4665, РИНЦ; AuthorID: 849116; a.ilintsev@narfu.ru

Елена Николаевна Наквасина, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, профессор; WOSResearcherID: A-5165-2013, ORCID: 0000-0002-7360-3975, РИНЦ; AuthorID: 132027; e.nakvasina@narfu.ru

Александр Петрович Богданов, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, доцент; WOSResearcherID: A-8611-2019, ORCID: 0000-0002-1655-7212, РИНЦ; AuthorID: 814583; aleksandr_bogd@mail.ru

Критерии авторства / Criteria of authorship

Ильинцев А.С., Наквасина Е.Н., Богданов А.П. выполнили практические и теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare that there are no conflicts of interests

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 26.02.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 28.10.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 28.10.2024

and arginine phosphate addition // *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2021. Vol. 36. No. 6. P. 423-433. DOI: 10.1080/02827581.2021.1957999.

11. **Uotila K., Luoranen J., Saksa T., Laine T., Heiskanen J.** Long-term growth response of Norway spruce in different mounding and vegetation control treatments on fine-textured soils // *Silva Fennica*. 2022. Vol. 56. No. 4. id 10762. 20 p. DOI: 10.14214/sf.10762.

12. de Chantal M., **Leinonen K., Pvesniemi H., Westman C.J.** Combined effects of site preparation, soil properties, and sowing date on the establishment of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* from seeds // *Canadian Journal of Forest Research*. 2003. Vol. 33. No. 5. Pp. 931-945. DOI: 10.1139/x03-011.

13. **Grossnickle S.C.** Importance of root growth in overcoming planting stress // *New For.* 2005. Vol. 30. No. 2-3. Pp. 273-294. DOI: 10.1007/s11056-004-8303-2

14. **Varfolomeev L.A., Sungurov R.V.** Soil ecology of forest crops in the North. Arkhangelsk, 2007. 291 p.

15. **Mochalov B.A.** Soil cultivation and selection planting site attached to pine artificial stands creation from containerized seedlings // *Lesnoy zhurnal (Russian Forestry Journal)*. 2014. No. 4. P. 9-18.

16. **Gladinov A.N., Konovalova E.V., Sdobova S.Ch.** Results of a comparative analysis of the use of Scots pine seedlings with open and closed root system under artificial reforestation in the conditions of Western Transbaikalia // *Advances in current natural sciences*. 2021. No. 11. P. 7-12. DOI: 10.17513/use.37705.

17. Del Campo A.D., **Navarro-Cerrillo R.M., Hermoso J., Ibáñez A.J.** Relationship between root growth potential and field performance in Aleppo pine // *Annals of Forest Science*. 2007. Vol. 64. No. 5. Pp. 541-548. DOI: 10.1051/forest:2007031.

18. **Debkov N.M.** Experience in the creation of forest plantations using container seedlings. *Lesnoy zhurnal (Russian Forestry Journal)*. 2021. No. 5. P. 192-200. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-192-200.

About the authors

Aleksey S. Ilintsev, CSc (Agro), senior researcher, associate professor; (WOSResearcherID: N-6286-2019, ORCID: 0000-0003-3524-4665, RSCI: 849116); a.ilintsev@narfu.ru

Elena N. Nakvasina, DSc (Agro), leading researcher, professor; (WOSResearcherID: A-5165-2013, ORCID: 0000-0002-7360-3975, RSCI: 132027); e.nakvasina@narfu.ru

Alexander P. Bogdanov, CSc (Agro), senior researcher, associate professor; (WOSResearcherID: A-8611-2019, ORCID: 0000-0002-1655-7212, RSCI: 814583); aleksandr_bogd@mail.ru

Ilintsev A.S., Nakvasina E.N., Bogdanov A.P. carried out practical and theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.